

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

22 Offenlegungsschrift  
10 DE 196 32 872 A 1

21 Aktenzeichen: 198 32 872.1  
22 Anmeldetag: 9. 8. 96  
43 Offenlegungstag: 12. 2. 98

51 Int. Cl. 6:  
F 02 D 41/20 B 7  
F 02 D 41/34  
F 02 D 41/40  
H 02 N 2/08

DE 196 32 872 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

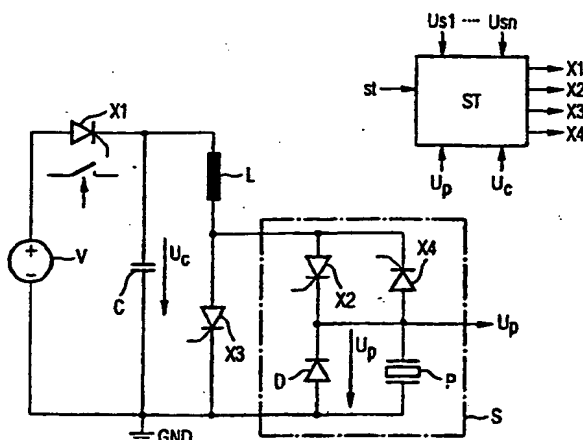
72 Erfinder:  
Hoffmann, Christian, Dr., 93057 Regensburg, DE;  
Freudenberg, Hellmut, 93080 Pentling, DE; Gerken,  
Hartmut, 93152 Nittendorf, DE; Pirk, Richard, 93053  
Regensburg, DE; Brasseur, Georg, Dr., Wien, AT

56 Entgegenhaltungen:  
DE 38 21 541 C2  
EP 04 64 443 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung und Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes

57 Vorrichtung und Verfahren zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes (P), insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mittels einer mikroprozessorgesteuerten Steuerschaltung (ST), mit einem von einer Energiequelle (V) nachladbaren Ladekondensator (C), von welchem über von der Steuerschaltung (ST) gesteuerte Schalter (X1 bis X4) das wenigstens eine Stellglied aufgeladen wird, und in welchen sich dieses wieder entlädt.



DE 196 32 872 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere eines piezoelektrisch betriebenen Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 oder 2. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung.

Aus EP 0 464 443 A1 ist ein Piezo-Stellglied bekannt, welches aus einem Kondensator über eine Ladespule geladen wird. Ein Teil der aufgebrachtten Energie wird beim Entladen des Piezo-Stellgliedes über eine Entladespule in den Kondensator zurückgespeist, während der andere Teil ebenfalls über die Entladespule in Wärme umgewandelt wird. Beim Entladen liegt am Piezo-Stellglied eine negative Spannung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine möglichst verlustarm arbeitende und einfach aufgebaute Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes zu schaffen, bei welcher auch unterschiedliche Sollwerte für die am Stellglied auftretende Spannung vorgebar sind und bei der negative Spannungen am Stellglied vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 oder 2 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Schaltung eines erstes Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 ein Flußdiagramm, betreffend die Arbeitsweise des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1,

Fig. 3 die Schaltung eines zweiten Ausführungsbeispiels, und

Fig. 4 die Schaltung eines dritten Ausführungsbeispiels.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipschaltung zum Ansteuern eines einzelnen, weiter nicht dargestellten Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine über ein piezoelektrisches Stellglied P, mittels einer üblicherweise mikroprozessorgesteuerten Steuerschaltung ST.

Zwischen dem Pluspol +V und dem Minuspol GND einer Energiequelle V liegt eine Reihenschaltung eines Ladekondensators C und eines gesteuerten, elektronischen, nur in einer Richtung stromdurchlässigen Energieschalters X1.

In der weiteren Beschreibung, wenn von Schaltern X1 bis X4 die Rede ist, handelt es sich um elektronische, nur in einer Richtung stromdurchlässige, aus wenigstens einem Halbleiterelement bestehende Schalter, vorzugsweise Thyristorschalter, die von der Steuerschaltung ST angesteuert werden.

In stromleitendem Zustand des Energieschalters X1 wird der Ladekondensator C von der Energiequelle V aufgeladen. Das kann prinzipiell geschehen, solange die Spannung  $U_c$  am Ladekondensator kleiner als die Spannung der Energiequelle V ist.

Parallel zum Ladekondensator C liegt eine Reihenschaltung aus einer mit dem Energieschalter X1 verbundenen Umschwingspule L und einem Ladestopschalter X3, dessen Funktion später erklärt wird.

Parallel zum Ladestopschalter X3 ist eine Stellgliederschaltung S angeordnet, die eine Reihenschaltung aus einer Parallelschaltung eines in Richtung von der Umschwingspule L weg stromdurchlässigen Ladeschalters

X2 und eines in Richtung zur Umschwingspule hin stromdurchlässigen Entladeschalters X4 und aus einer Parallelschaltung des Stellgliedes P mit einer Diode D aufweist, die in Richtung zum Ladeschalter X2 hin stromdurchlässig ist.

Die Schalter X1 bis X4 werden von einer mikroprozessorgesteuerten Steuerschaltung ST abhängig von externen Steuersignalen  $st$ , von in diesem Ausführungsbeispiel einem vorgegebenen Sollwert  $U_s$  (es können auch mehrere sein, die nacheinander zur Wirkung kommen, z. B. für Vor- und Haupteinspritzung von Kraftstoff) für die am Stellglied P anliegende Spannung und vom Istwert  $U_p$  dieser Spannung gesteuert. Statt der Stellgliedspannung kann auch die Position des Stellgliedes herangezogen werden.

Anhand des in Fig. 2 gezeigten Flußdiagramms wird ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung am Beispiel der Schaltung nach Fig. 1 beschrieben, ausgehend von einem Anfangszustand (Zustand I), in welchem der Ladekondensator C voll geladen ist, sämtliche Schalter X1 bis X4 nichtleitend sind und die Umschwingspule L stromlos ist.

Mit dem Beginn eines externen Steuersignals  $st = 1$  (Zustand II) wird der Ladeschalter X2 gezündet (stromleitend gesteuert). Damit beginnt der Ladekondensator C, sich über die Umschwingspule L in das (wie ein Kondensator wirkende) Stellglied zu entladen und dieses aufzuladen (Zustand III), was sich als Längenänderung des Piezostellgliedes auswirkt. Die am Stellglied anliegende Spannung  $U_p$ , die der Steuerschaltung ST mitgeteilt wird (in Fig. 1 durch Pfeile angedeutet), steigt an.

Sobald die Spannung  $U_p$  den Sollwert  $U_s$  erreicht (Zustand IV), wird der Ladevorgang beendet, der Ladeschalter X2 wird nichtleitend, d. h.,  $X2 = 0$ , und der Ladestopschalter X3 wird leitend ( $X3 = 1$ , Zustand V). Der Schwingkreis L-C schwingt weiter, bis die Umschwingspule L stromlos ist.

Der Ladezustand des Stellgliedes bleibt erhalten, solange das Steuersignal  $st$  anliegt. Wenn es verschwindet ( $st = 0$ , Zustand VI), muß das Stellglied entladen werden. Dazu wird der Ladestopschalter nichtleitend gesteuert,  $X3 = 0$ , und der Entladeschalter leitend,  $X4 = 1$  (Zustand VII). Nun entlädt sich das Stellglied P über die Umschwingspule L in den Ladekondensator C. Ist das Stellglied bis auf die Schwellspannung der Diode D entladen, übernimmt diese den Strom; der Schwingkreis L-C schwingt weiter, bis die Umschwingspule stromlos ist. Schalter X4 wird nichtleitend gesteuert.

Ohne Verluste läge am Ladekondensator C nun die gleiche Spannung  $U_c$  wie im Anfangszustand I. Tatsächlich ist sie aber infolge von Verlusten etwas kleiner geworden, so daß in diesem Ausführungsbeispiel nach Beendigung des Entladevorgangs, wenn die Schalter X2 bis X4 wieder nichtleitend sind, der Energieschalter X1 zum Nachladen des Ladekondensators C leitend geschaltet wird (Zustand VIII), bevor ein neuer Ladezyklus beginnt.

In Fig. 3 ist eine im Prinzip der Schaltung nach Fig. 1 entsprechende Schaltung, jedoch für die Ansteuerung mehrerer Stellglieder P1 bis Pn gezeigt. In dieser Schaltung sind Energiequelle V, Energieschalter X1, Ladekondensator C, Umschwingspule und Ladestopschalter X3 wie bei der Schaltung nach Fig. 1 geschaltet und wirken ebenso, wie dort beschrieben. Die Steuerschaltung ST ist jedoch hier nicht wieder dargestellt.

Für das erste Stellglied P1 weist die Stellgliederschaltung S1 mit dem Ladeschalter X2.1 statt X2, der Diode D und dem Entladeschalter X4 die gleiche Schaltung

wie in Fig. 1 auf, mit dem Unterschied, daß zwischen Stellglied P1 und Entladeschalter X4 eine zum Entladeschalter hin stromleitende Diode D2.1 geschaltet ist, die für die Ansteuerung nur eines Stellgliedes nach Fig. 1 nicht erforderlich ist und daß für jedes weitere Stellglied P2 bis Pn ein weiterer Ladeschalter X2.2 bis X2.n und eine weitere Diode D2.2 bis D2.n in entsprechender Schaltung vorgesehen sind.

Die von der Steuerschaltung angesteuerten Ladeschalter X2.1 bis X2.n wählen das zu ladende Stellglied aus, während die Dioden D2.1 bis D2.n verhindern, daß außer dem ausgewählten Stellglied auch andere Stellglieder geladen werden. Die Entladung jedes Stellgliedes erfolgt über die ihm zugeordnete Diode D2.1 bis D2.n, wenn der gemeinsame Entladeschalter X4 leitend gesteuert ist. Ist das jeweilige Stellglied bis auf die Schwellspannung der Diode D entladen, übernimmt diese den Strom; der Schwingkreis L-C schwingt weiter, bis die Umschwingspule L stromlos ist.

Fig. 4 zeigt eine weitere Schaltung zum Ansteuern mehrerer Stellglieder, die einen reduzierten Bauteileaufwand gegenüber der Schaltung nach Fig. 3 aufweisen. Die Steuerschaltung ST ist auch hier nicht wieder dargestellt.

Bei der Schaltung nach Fig. 3 ist zum Zünden jedes der Thyristorschalter X2.1 bis X2.n ein teurer Übertrager erforderlich. Diese Übertrager sind entbehrlich, wenn man an ihrer Stelle einfache Auswahlshalter T1 bis Tn verwendet, beispielsweise Power-MOSFET-Schalter. Dann reduziert sich die Schaltung im wesentlichen auf eine der Schaltung nach Fig. 1 entsprechende Schaltung, bei der das Stellglied P durch eine Reihenschaltung aus Stellglied P1 und zugeordnetem Auswahlshalter T1 ersetzt ist, wobei der Schaltstrecke des Auswahlhalters T1 eine in Entladerichtung stromdurchlässige Diode D1 parallelgeschaltet ist, die bei Verwendung von MOSFET-Schaltern in diesen bereits integriert ist.

Für jedes weitere Stellglied P2 bis Pn ist eine derartige Reihenschaltung aus einem Stellglied P2 bis Pn, einem Auswahlshalter T2 bis Tn und einer Diode D2 bis Dn der Reihenschaltung P1-T1-D1 für das erste Stellglied P1 parallelgeschaltet.

Die Funktionsweise dieser Schaltung entspricht derjenigen der Schaltungen nach den Fig. 1 und 3, wobei beim Laden eines Stellgliedes, beispielsweise P1, der zugeordnete Auswahlshalter T1 mindestens solange leitend gesteuert sein muß, wie der Ladeschalter X2 leitend gesteuert ist.

Beim Entladen des Stellgliedes P1 fließt der Strom vom Stellglied über Entladeschalter X4, Umschwingspule L, Ladekondensator C und Diode D1. Ist das Stellglied bis auf die Schwellspannung der Diode D entladen, übernimmt diese den Strom und der Schwingkreis L-C schwingt weiter, bis die Umschwingspule stromlos ist.

Die in den Fig. 1, 3 und 4 gezeigten Schaltungen können durch einfache Umstellungen sowohl der Lade- und Entlade-Schalter als auch der Auswahlshalter so ausgeführt werden, daß die Stellglieder, je nach Vorgaben, entweder mit dem Minuspol GND verbunden sind (Lowside, siehe Fig. 1 und 3) oder näher am Pluspol + V liegen (Highside, siehe Fig. 4).

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes (P),

— mit einem zwischen Pluspol (+ V) und Mi-

nuspol (GND) einer Energiequelle (V) angeordneten Ladekondensator (C), der von der Energiequelle (V) über einen Energieschalter (X1) aufladbar ist,

— mit einer parallel zum Ladekondensator (C) angeordneten Reihenschaltung aus einer mit dem Energieschalter (X1) verbundenen Umschwingspule (L) und einem Ladestopschalter (X3), und

— mit einer parallel zum Ladestopschalter (X3) angeordneten Stellgliedschaltung (S, S1), bestehend

— aus einem auf der einen Seite mit der Umschwingspule (L) verbundenen, zu ihr hin stromleitenden Entladeschalter (X4),

— für jedes Stellglied aus einer Reihenschaltung aus einem mit der Umschwingspule (L) verbundenen, von ihr weg stromleitenden Ladeschalter (X2.1 bis X2.n) und dem Stellglied (P1 bis Pn) selbst, und aus einer zwischen dem Stellglied (P1 bis Pn) und der anderen Seite des Entladeschalters (X4) angeordneten, in Entladerichtung stromleitenden Diode (D2.1 bis D2.n), und

— aus einer zu einem der Stellglieder (P1) parallelgeschalteten Diode (D), die in Richtung zu dem dem Stellglied zugeordneten Ladeschalter (X2.1) hin stromdurchlässig ist.

2. Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes (P1 bis Pn) mittels einer Steuerschaltung (ST), insbesondere eines piezoelektrisch betriebener Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine,

— mit einem zwischen Pluspol (+ V) und Minuspol (GND) einer Energiequelle (V) angeordneten Ladekondensator (C), der von der Energiequelle (V) über einen Energieschalter (X1) aufladbar ist,

— mit einer parallel zum Ladekondensator (C) angeordneten Reihenschaltung aus einer mit dem Energieschalter (X1) verbundenen Umschwingspule (L) und einem Ladestopschalter (X3),

— mit einer parallel zum Ladestopschalter (X3) angeordneten Stellgliedschaltung (S2), die eine Reihenschaltung aus einer Parallelschaltung eines zur Umschwingspule (L) hin stromdurchlässigen Entladeschalters (X4) und einer von der Umschwingspule (L) weg stromdurchlässigen Ladeschalters (X2) und aus einer Diode (D) beinhaltet, und

— mit einer für jedes Stellglied (P1 bis Pn) vorgesehenen, parallel zur Diode (D) angeordneten Reihenschaltung aus dem Stellglied (P1 bis Pn) selbst und aus einem ihm zugeordneten, von der Steuerschaltung (ST) gesteuerten elektronischen Auswahlshalter (T1 bis Tn), dessen Schaltstrecke durch eine in Entladerichtung stromleitende Diode D1 bis Dn überbrückt ist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Energieschalter (X1), Ladeschalter (X2, X2<sup>a</sup>, X2.1 bis X2.n) und Entladeschalter (X4, X4<sup>a</sup>) aus gesteuerten, elektronischen, nur in einer Richtung stromdurchlässigen Schaltern mit wenigstens einem Halbleiterelement bestehen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Soll-

wert ( $Us_1$  bis  $Us_n$ ) für die Position des jeweiligen Stellgliedes ( $P$ ,  $P_1$  bis  $P_n$ ) oder für die an ihm liegende Spannung ( $Up$ ) der Steuerschaltung ( $ST$ ) vorgebar oder in ihr gespeichert ist, und

— daß die Steuerschaltung ( $ST$ ) die Steuerbefehle für die Ladeschalter ( $X_2$ ,  $X_{2.1}$  bis  $X_{2.n}$ ), Ladestopschalter ( $X_3$ ), Entladeschalter ( $X_4$ ) und Auswahlswitcher ( $T_1$  bis  $T_n$ ) abhängig von externen Steuersignalen ( $st$ ), von der Position des jeweiligen Stellgliedes ( $P$ ,  $P_1$  bis  $P_n$ ) oder der an ihm liegenden Spannung ( $Up$ ) und von dem jeweils vorgegebenen Sollwert ( $Us_1$  bis  $Us_n$ ) für Position oder Spannung des Stellgliedes ausgibt.

5. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß mit dem Beginn eines Steuersignals ( $st$ ) das anzusteuernde Stellglied ( $P$ ,  $P_1$  bis  $P_n$ ) aus dem von der Energiequelle ( $V$ ) geladenen Ladekondensator ( $C$ ) über die Umschwingpule ( $L$ ) solange aufgeladen wird, bis die an ihm anliegende Spannung ( $Up$ ) einen vorgegebenen Sollwert ( $Us$ ) erreicht, daß anschließend dieser Ladezustand ( $Up = Us$ ) bis zum Ende des Steuersignals ( $st$ ) aufrecht erhalten wird,

daß mit dem Ende des Steuersignals ( $st$ ) das Stellglied in den Ladekondensator ( $C$ ) entladen wird, und

daß anschließend an den Entladevorgang der Ladekondensator ( $C$ ) von der Energiequelle ( $V$ ) wieder aufgeladen wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG 1

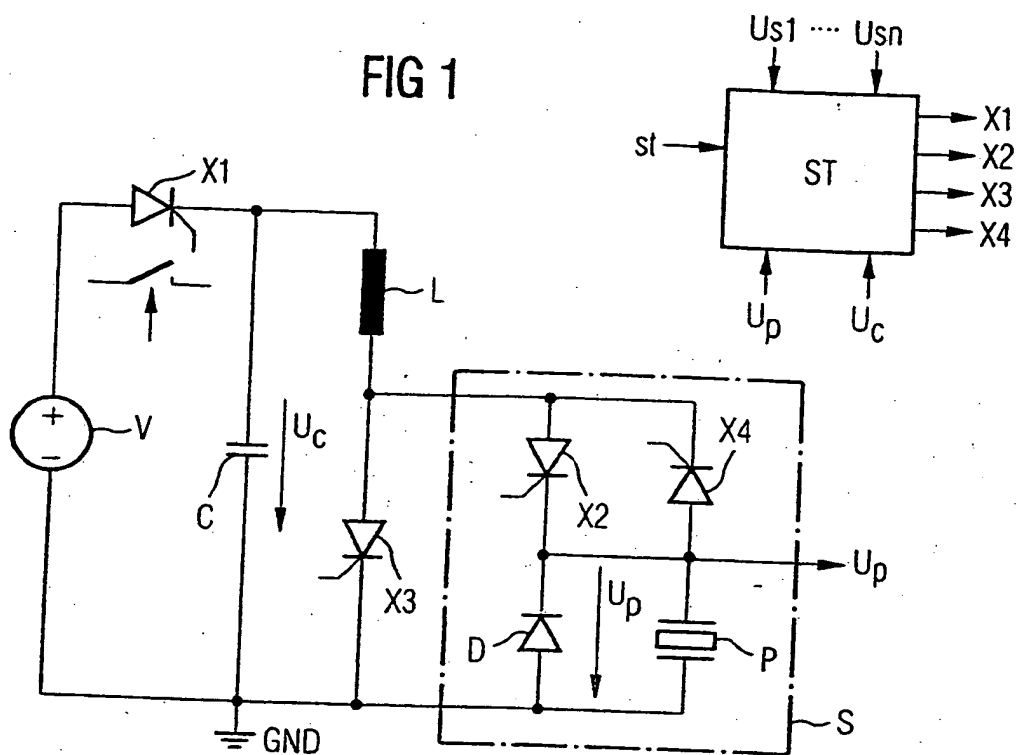


FIG 3

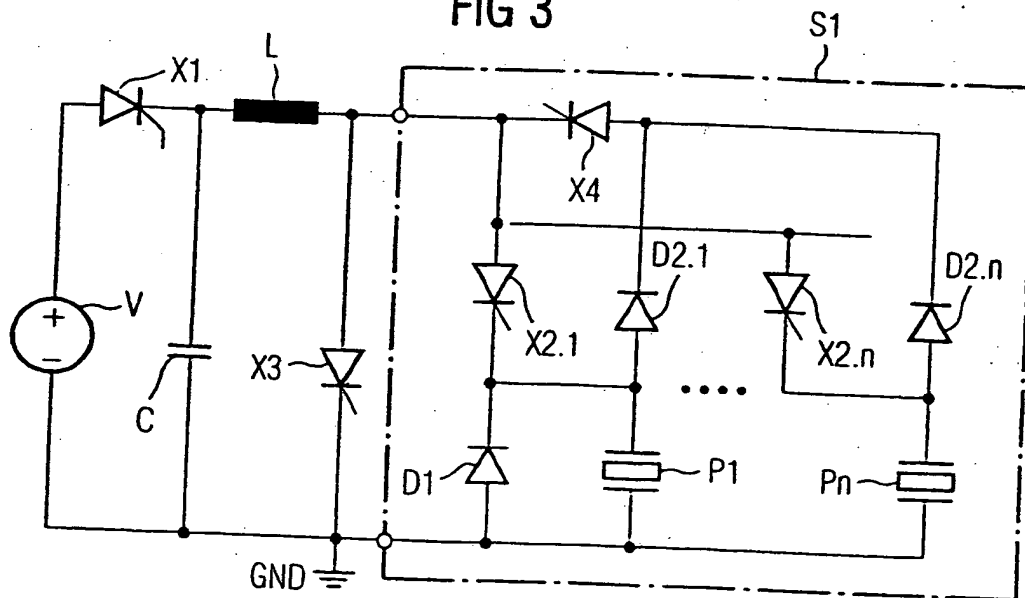
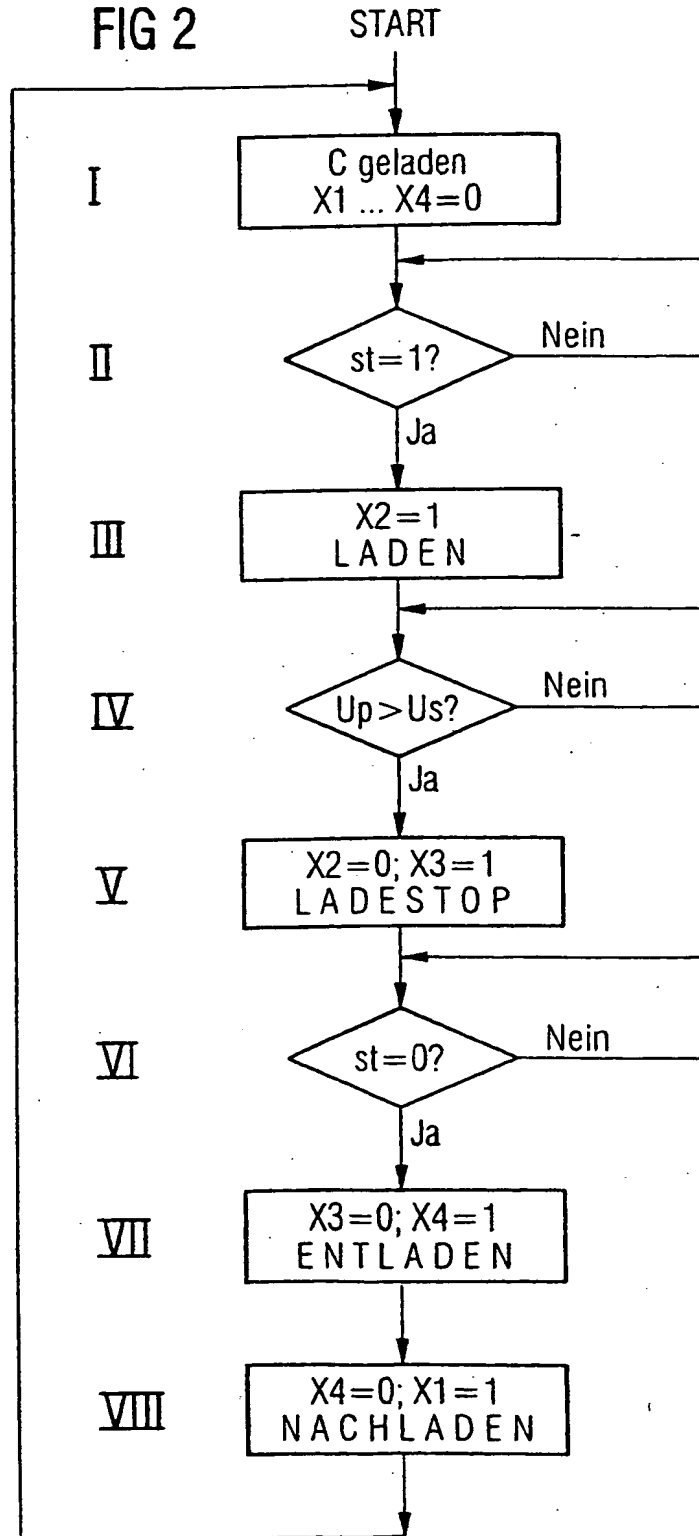


FIG 2



**FIG 4**

